

# A/O MBR 与 BAF 组合工艺处理垃圾渗滤液

熊小京, 简海霞

(厦门大学环境科学研究中心, 福建 厦门 361005)

[摘要] 采用 A/O MBR 与 BAF 组合工艺处理垃圾渗滤液, 首先用含苯酚和氨氮模拟废水对种污泥进行预驯化处理, 然后切换实际垃圾渗滤液进行通水实验, 在不同的进水渗滤液稀释比条件下, 系统考察 A/O MBR 和 BAF 对 COD 及氨氮的降解情况。研究表明, 对于 A/O MBR 处理单元, 当进水稀释比分别为 9:1 和 5:1 时, COD 与氨氮的去除率可分别保持在 90% 和 60% 左右; 而当稀释比减小到 2:1 时, COD 与氨氮的去除率会分别减小到 80% 和 35% 左右。对 BAF 处理单元, A/O MBR 出水中剩余的 COD 几乎不能被降解, 而剩余的氨氮可被继续降解, 其结果可使组合工艺的氨氮去除率提高到 75% 左右。

[关键词] 垃圾渗滤液; 厌氧; 好氧; 膜生物反应器; 生物曝气滤池

[中图分类号] X703.1 [文献标识码] A [文章编号] 1005-829X(2007)09-0039-04

## Landfill leachate treatment by a combination of A/O MBR and BAF processes

Xiong Xiaojing, Jian Haixia

(Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** The removal of COD and  $\text{NH}_4^+$ -N characteristics in actual landfill leachate treatment have been investigated at various dilution ratios of leachate by a combination of A/O MBR and BAF processes. The incubated activated sludge from an industrial wastewater plant is acclimated initially by simulated water containing phenol and ammonium. The results show that in A/O MBR process, when the dilution ratio of leachate in influent are 9:1 and 5:1 respectively, the removal efficiencies of COD and  $\text{NH}_4^+$ -N are maintained at about 90% and 60%. However, when this dilution ratio is decreased to 2:1, their efficiencies drop to 80% and 35% respectively. In BAF process, it is found that the residual COD in A/O MBR of effluent almost cannot be degraded, only the residual  $\text{NH}_4^+$ -N can be degraded continuously. Consequently, the removal efficiency of  $\text{NH}_4^+$ -N in the whole system can be raised to 75%.

**Key words:** landfill leachate; anaerobic process; aerobic process; membrane bioreactor; biological aerated filter

垃圾填埋渗滤液中含有多种难降解有机成分及氨氮, 具有污染物浓度高、毒性强、水质和水量波动大等特点, 采用传统废水工艺处理很难达到排放标准要求<sup>[1]</sup>。因此, 开发对垃圾渗滤液具有显著处理效果的新工艺已成为环保技术领域中的热点。

赵宗升等<sup>[2]</sup>采用 A<sup>2</sup>/O 与混凝沉淀法组合工艺处理垃圾渗滤液, 发现当进水 COD、氨氮质量浓度分别为 2 000、1 300 mg/L 时, 出水 COD 与氨氮的去除率分别为 54% 和 99%。申欢等<sup>[3]</sup>采用 MBR 对经 UASB 预处理的垃圾渗滤液进行试验, 结果发现

MBR 对 COD 和氨氮的去除率可分别达到 70% ~ 85% 和 90.0% ~ 99.8%; 任鹤云等<sup>[4]</sup>采用硝化—反硝化与超滤和纳滤膜分离组合工艺, 陈忠<sup>[5]</sup>采用 A/O 生化与 PW 生物膜处理组合工艺处理垃圾渗滤液, 结果表明 COD、BOD 及氨氮的去除率均高于传统生化法, 可分别达到 90%、95% 和 90% 以上。

采用厌氧—好氧膜生物反应器(A/O MBR) 技术处理垃圾渗滤液, 由于膜的截留作用可使反应器内的有机物降解菌和硝化菌保持很高浓度, 具有生物脱氮功能, 且不需二沉池和污泥回流。使用曝气生

物滤池(BAF)可使渗滤液中的残余有机成分和氨氮去除得更彻底<sup>[6]</sup>。笔者拟采用A/O MBR与BAF组合工艺进行垃圾渗滤液处理试验。为了提高种污泥对垃圾渗滤液的有机毒性的适应性,首先用苯酚对污泥进行预驯化,然后进行实际垃圾渗滤液通水实验,系统考察在不同的进水渗滤液稀释比条件下,各处理单元对COD及氨氮的去除效果,确立该工艺在处理垃圾渗滤液中的适宜进水条件。

1 试验部分

1.1 装置流程与操作条件

实验装置与流程如图1所示。

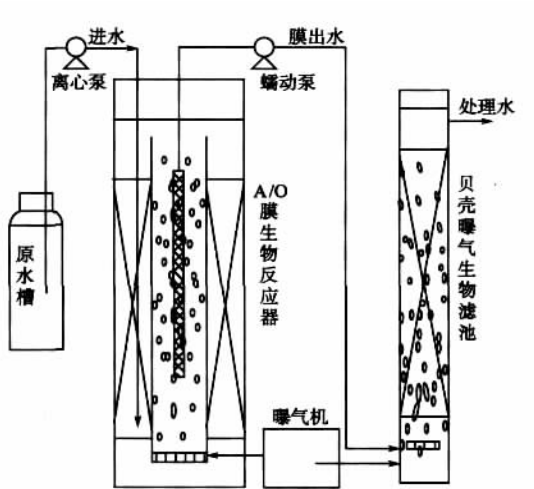


图1 装置流程

原水经离心泵提升从A/O MBR外侧下底部进入缺氧室,上升溢流至好氧室;缺氧室有效容积为18 L,填有D 5 cm的聚丙烯球形填料;好氧室有效容积为9 L,下设多孔散气管,中间插入有机平板膜片(日本KUBOTA公司制,尺寸为0.303 m×0.212 m,膜面积为0.128 5 m<sup>2</sup>,膜孔径0.1~0.4 μm),膜出水再进入生物滤池底部,经推流上升至顶部溢出。滤池有效容积为4 L,池内充填贝壳(空隙率81%),下设多孔散气管;系统的总水力停留时间(HRT)为3 d;膜生物反应器的缺氧室与好氧室的MLSS分别为3.5~4.5 g/L和5.0~8.5 g/L;期间温度为20~25℃。为了保证A/O MBR的连续、稳定运行,采用液位控制器和时间继电器控制进水泵的停启。

1.2 原水水质

合成废水:苯酚300~500 mg/L,硫酸铵500~1 000 mg/L,葡萄糖400~800 mg/L,磷酸二氢钾50~100 mg/L,硫酸镁50 mg/L及无水氯化钙100 mg/L。

垃圾渗滤液:取自厦门市东孚垃圾填埋场(填埋年限为7 a),其水质为pH 7.1~8.5, COD、氨氮、TP、

SS分别为14 600~20 000、600~1 000、10~25、2 000~2 500 mg/L。

1.3 实验方法

种污泥取自厦门东洲印染厂曝气池。试验分两个阶段进行:第一阶段为驯化阶段,采用逐渐提高合成废水浓度的方式对种污泥进行预驯化,苯酚、氨氮与COD最终分别达到500、200和1 800 mg/L,进水流量保持在10 L/h;第二阶段为实际垃圾渗滤液处理阶段。原水水质按表1给出的4个工况设定。

表1 进水工况表

进水工况	稀释水	渗滤液	COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )
1	9 1 <sup>a</sup>		3 000	200
2	5 1 <sup>b</sup>		3 700	461
3	5 1 <sup>c</sup>		4 338	512
4	2 1		7 000	630

注: a) 添加500 mg/L的苯酚以及600 mg/L的葡萄糖; b) 添加500 mg/L的苯酚; c) 系统处理出水代替稀释水。

试验中于原水槽、膜出水和滤柱出水三个取水点,每隔两天取样,测苯酚、COD和氨氮浓度。

1.4 分析方法

苯酚采用4-氨基安替比林直接光度法测定; COD采用HH-6化学耗氧量测定仪测定; 氨氮采用纳氏试剂光度法(HP-8453紫外可见分光光度仪)测定。

2 结果与讨论

2.1 污泥预驯化处理

污泥驯化操作历时一个半月,各单元出水已基本达到稳定。表2给出了污泥预驯化稳定阶段时各单元的处理效果。

表2 污泥预驯化运行稳定阶段的处理效果

项目	进水	A/O MBR出水	BAF出水
苯酚/(mg·L <sup>-1</sup> )	500	0.87~1.88	0.87~1.72
氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	200	23.5~51.7	3.87~9.0
COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	1 800	90.0~150	83.9~99.6

A/O MBR对苯酚和COD的去除率均在95%以上,对氨氮的去除率在74%~88%,表明预驯化的污泥中苯酚和COD降解菌以及氨氮分解菌均已成为优势菌种,剩余的苯酚、氨氮和COD经BAF的深度处理后,去除率分别上升至99.8%、96.0%和95.1%; BAF对去除氨氮的贡献更为显著。

2.2 实际垃圾渗滤液处理

2.2.1 A/O MBR的降解特性

实际垃圾渗滤液经A/O MBR处理时,各工况

出水中 COD 和氨氮质量浓度变化如图 2 所示。

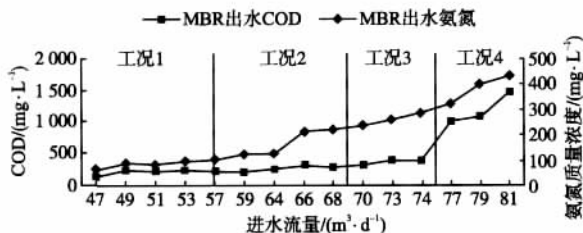


图 2 各工况下 A/O MBR 出水中  
COD 与氨氮的变化

从图 2 可以看出, 当进水渗滤液稀释比分别为 9、1.5、1 (工况 1、2), COD 分别为 3 000、3 700 mg/L 时, COD 去除率分别为 93.0%、92.7%; 虽然工况 2 的原水中渗滤液稀释比已降低到 5:1, 可生化性低于工况 1, 然而污泥的降解活性仍维持在较好的水平; 对于稀释比等同于工况 2 的工况 3, 采用系统出水稀释渗滤液, 可生化性比工况 2 更差, 进水 COD 上升至 4 338 mg/L, 而 COD 去除率仍能维持在 90% 左右。但是, 当渗滤液稀释比减小到 2:1 (工况 4), 进水 COD 继续升至 7 000 mg/L 时, COD 去除率迅速降到 80.0%, 镜检发现, 此时污泥中菌胶团破碎明显, 原生及后生动物基本消失。沈耀良<sup>[7]</sup>认为宜将渗滤液稀释比控制在 4:1 以上, 污泥对 COD 的降解率可稳定在 89%~97%。

从图 2 还可以看出, 对应工况 1~3, 当进水氨氮质量浓度在 200~512 mg/L 范围内升高时, 氨氮去除率逐渐减小到 47.7%; 当工况 4 的进水氨氮升高到 630 mg/L 时, 氨氮去除率迅速降到 35.2%。赵庆良等<sup>[8]</sup>认为高浓度的氨氮对生物的降解性能会产生影响。尤其是在含有多种硝化抑制物的渗滤液, 影响的程度更为明显。

综上所述, 可以认为采用 A/O MBR 工艺处理渗滤液时, 为了保证生物对 COD 与氨氮的降解活性维持在较好水平, 渗滤液稀释比不能低于 5:1。

### 2.2.2 A/O MBR 与 BAF 的降解特性比较

A/O MBR 与 BAF 工艺处理渗透液时, 各工况出水 COD 及氨氮变化情况如图 3、图 4 所示。

从图 3 可以看出, 4 个工况的 BAF 与 A/O MBR 的出水 COD 非常接近, 表明 A/O MBR 出水中剩余的 COD 很难被 BAF 继续降解。

由图 4 可知, 4 个工况中的 BAF 出水氨氮质量浓度略低于 MBR 出水, A/O MBR 出水剩余的氨氮可被 BAF 继续降解; 随着 A/O MBR 出水氨氮质量

浓度的升高, BAF 出水氨氮质量浓度也随之增大, BAF 的硝化活性受抑制的程度也随之增大。

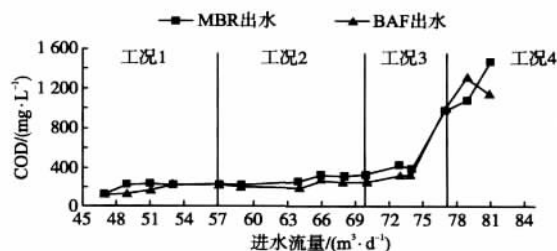


图 3 各工况下 A/O MBR 与 BAF  
出水 COD 的变化

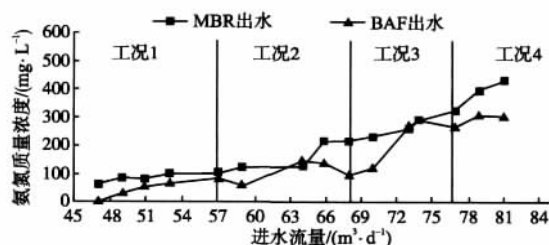


图 4 各工况下 A/O MBR 与 BAF  
出水氨氮的变化

### 2.2.3 A/O MBR 与组合系统的降解特性比较

A/O MBR 与 A/O MBR-BAF 工艺对 COD 及氨氮去除率的比较如表 3 所示。

表 3 A/O MBR 与组合系统在不同工况下  
对 COD 与氨氮去除率的比较

处理单元	COD 去除率/%				氨氮去除率/%			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A/O MBR	93.0	92.7	90.8	80.1	57.3	62.9	47.7	35.2
A/O MBR+BAF	94.2	93.6	92.5	80.6	75.5	75.8	55.3	50.7

从表 3 可以看出, 通过选择适宜的稀释比, A/O MBR 可去除渗滤液中 90% 以上的 COD 和 60% 左右的氨氮, BAF 对剩余氨氮的继续降解可使系统的氨氮去除率提高到 75% 左右。

### 3 结论

(1) 采用含较高浓度苯酚和氨氮的废水预先驯化的污泥, 对实际垃圾渗滤液具有较好的适应性。

(2) 对于 A/O MBR 处理单元, 当渗滤液稀释比控制在 5:1 以上时, 渗滤液对污泥的降解活性没有明显影响, COD 及氨氮的去除率可分别保持在 90% 和 60% 左右。

(3) BAF 处理单元几乎不能降解 A/O MBR 出水中的剩余 COD, 而可进一步降解 A/O MBR 出水



# 复合催化氧化法处理 PTA 废水的研究

张跃<sup>1</sup>, 何淑芹<sup>2</sup>, 刘建武<sup>1</sup>, 严生虎<sup>1</sup>, 沈介发<sup>1</sup>

(1. 江苏工业学院精细化工研究所, 江苏 常州 213164;

2. 中国石油吉林石化公司科技规划处, 吉林市 132021)

[摘要] 叙述了 PTA 废水国内外处理技术的现状。试验研究了复合催化氧化法处理 PTA 废水的效果, 系统地考察了 pH、反应时间和氧化剂投加量对 COD、色度去除率的影响, 优化了废水处理的操作系统, 最终以较低的成本和方便的操作将 PTA 混合污水的 COD 降至 420 mg/L 左右, 进一步用生物降解系统进行处理可使其 COD 降至 150 mg/L 以下。本方法操作简单, 工艺流程合理, 处理效果好, 可操作性强, 环境友好。

[关键词] 对苯二甲酸; 催化; 氧化; 废水处理

[中图分类号] X703.1 [文献标识码] A [文章编号] 1005-829X(2007)09-0042-03

## Study on the treatment of PTA wastewater by complex catalytic oxidation

Zhang Yue<sup>1</sup>, He Shuqin<sup>2</sup>, Liu Jianwu<sup>1</sup>, Yan Shenghu<sup>1</sup>, Shen Jiefa<sup>1</sup>

(1. The Research Institute of Fine Chemical Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China;

2. Department of Science and Technology, Jilin Petrochemical Company of PetroChina, Jilin 132021, China)

Abstract: The technical situations of PTA wastewater treatment in China and overseas are described. The influential factors, such as pH, reaction time and the dosage of oxidizing agent, on the removal rates of chroma and COD have been investigated systematically. The operation conditions of the wastewater treatment are optimized through experiments. The COD<sub>Cr</sub> of the PTA water has finally been reduced to 420 mg/L with lower cost and convenient operation. Then, the water goes to the biodegradation system, being treated for lowering its COD to less than 150 mg/L. This method has some merits, including convenient operation, reasonable technical process, ideal treatment effect, operable conditions and friendly environment.

Key words: terephthalic acid; catalysis; oxidation; wastewater treatment

精对苯二甲酸(PTA)是生产合成树脂、涤纶纤维等产品的重要原料,目前国内 PTA 装置均采用对

二甲苯氧化工艺,生产过程中产生大量高浓度有机废水,废水组成复杂<sup>[1]</sup>,主要污染物包括甲苯、对二

中的剩余氨氮;但随着 A/O MBR 出水氨氮浓度的升高,BAF 硝化活性受抑制的程度也随之增大。

### [参考文献]

- [1] 王坚,季民,李征,等. UASB + MBR 工艺处理城市垃圾填埋场渗滤液试验研究与问题讨论[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(6): 215-217.
- [2] 赵宗升,刘鸿亮,袁光钰,等. A<sup>2</sup>/O 与混凝沉淀法处理垃圾渗滤液研究[J]. 中国给水排水, 2001, 17(11): 13-16.
- [3] 申欢,金奇庭,李明波,等. 膜生物法处理城市垃圾渗滤液[J]. 中国给水排水, 2004, 20(3): 56-59.
- [4] 任鹤云,李月中. MBR 法处理垃圾渗滤液工程实例[J]. 给水排水, 2004, 30(10): 36-38.

- [5] 陈忠. 垃圾渗滤液 A/O 生化 - PW 生物膜处理技术[J]. 有色冶金设计与研究, 2001, 22(4): 58-60.
- [6] 熊小京,叶志隆. 贝壳与球形塑料填料曝气生物滤池的硝化特性比较[J]. 厦门大学学报, 2005, 44(4): 538-541.
- [7] 沈耀良. 厌氧 - 好氧法处理渗滤液与城市污水混合废水的可行性[J]. 污染防治技术, 2000, 13(2): 63-67.
- [8] 赵庆良,李湘中. 垃圾渗滤液中的氨氮对微生物活性的抑制作用[J]. 环境污染与防治, 1998, 20(6): 1-4.

[作者简介] 熊小京(1963—), 1998 年毕业于日本大分大学,工学博士,副教授,主要从事水污染控制工程方面的研究。电话: 0592-2183206, E-mail: xiongxi@xmu.edu.cn.

[收稿日期] 2007-03-13(修改稿)